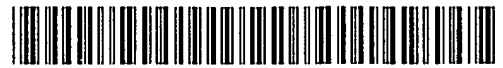


The diagram illustrates a control system for a single-cylinder internal combustion engine. The engine components at the top include an EV (Exhaust Valve) actuator (3), a Motor (2) with four coils (I, II, III, IV), a liquid sensor (Liq. sonda, 6), and a catalytic converter (Katalysator, 5). The control system is divided into two main sections by a dashed line. The upper section contains the 'Einzelzylinderberechnung' (single-cylinder calculation) block (9), which receives inputs from the motor coils and the liquid sensor. It outputs signals to the 'Sollwertberechnung Einzelzylinder' (setpoint calculation for single cylinder) block (15) and the 'Parameterkernfeld' (parameter kernel field) block (17). The lower section contains the 'Steuerung/Vorstellung Einzelzylinder' (control/setting for single cylinder) block (14), which receives inputs from the setpoint calculation block (15) and the parameter kernel field (17). It outputs signals to the EV actuator (3) and the motor coils (I, II, III, IV). The 'Parameterkernfeld' (17) also receives inputs from the 'Eichungsregelung oder Kernfeld' (calibration control or kernel field) block (16) and the 'Sollwertberechnung Einzelzylinder' (15). The diagram is labeled with various numbers (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) and includes a legend for the symbols used.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (CONT.)



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 199 03 721 C 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 02 D 41/14

②① Aktenzeichen: 199 03 721.3-26
②② Anmeldetag: 30. 1. 1999
④③ Offenlegungstag: –
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 13. 7. 2000

DE 199 03 721 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Weining, Hans-Karl, Dipl.-Ing., 73730 Esslingen, DE;
Wollenhaupt, Gottfried, Dipl.-Ing., 70378 Stuttgart,
DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	35 00 594 C2
DE	43 10 145 A1
DE	36 33 671 A1
DE	36 20 775 A1

⑤④ Betriebsverfahren für eine Brennkraftmaschine mit Lambdawertregelung und Brennkraftmaschine

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur zylinderselektiven Regelung eines in einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches, bei dem die Lambdawerte für verschiedene Zylinder oder Zylindergruppen getrennt sensiert und geregelt werden, sowie eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine, die sich zur Durchführung des Verfahrens eignet.
Erfindungsgemäß werden die Lambdawerte der einzelnen Zylinder oder Zylindergruppen unter Verwendung eines integrierenden I-Regelungsanteils mit variabler Integratorsteigung und/oder eines differenzierenden D-Regelungsanteils gleichzeitig auf unterschiedliche Sollwerte geregelt.
Verwendung z.B. in Kraftfahrzeugen.

DE 199 03 721 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur zylinderselektiven Regelung eines in einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches, bei dem die Lambdawerte für verschiedene Zylinder oder Zylindergruppen getrennt sensiert und geregelt werden, sowie eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine, die sich zur Durchführung des Betriebsverfahrens eignet.

In der DE 36 20 775 A1 ist eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine beschrieben, bei der sich eine Lambdasonde in einem Abgaskanal befindet, durch den Abgase aus allen Zylindern gemeinsam abgeleitet werden. Die Meßwerte der Lambdasonde werden mittels einer Selektiereinheit zylinderselektiv ausgewertet, d. h. den Zylindern der Brennkraftmaschine einzeln zugeordnet. Damit kann auf die Zusammensetzung des im jeweiligen Arbeitstakt in jedem Zylinder verbrannten Luft-Kraftstoff-Gemisches geschlossen werden. Weiter sind den Zylindern Regelstufen zugeordnet, mit denen für jeden Zylinder einzeln die Zusammensetzung des Luft-Kraftstoff-Gemisches auf einen gemeinsamen, vorgegebenen Sollwert geregelt wird.

Aus der DE 36 33 671 A1 ist ein Verfahren zur Kraftstoffeinspritzung bekannt, bei dem das Ausgangssignal einer in einem Abgaskanal angeordneten Abgassonde sequentiell ausgewertet wird. Der jeweils während eines Zeitabschnitts auftretende Wert des Abgassondensignals wird dann zur Regelung einer Einspritzmenge bei demjenigen Einspritzventil herangezogen, das dem Zylinder zugeordnet ist, dessen Abgasen die Abgassonde im jeweiligen Zeitabschnitt ausgesetzt ist. Die Regelung erfolgt so, daß sich für die einzelnen Zylinder eine möglichst gleichmäßige Kraftstoffzumessung ergibt.

Die DE 43 10 145 A1 offenbart eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine, in der aufgrund von Meßwerten wenigstens einer Lambdasonde, die sich in einem gemeinsamen Abgaskanal der Zylinder befindet, eine Korrektur der Kraftstoffeinspritzmenge beim Gemischbildungsvorgang erfolgt. Dabei ist vorgesehen, im Leerlauf- oder Teillastbetrieb einer Zylindergruppe ein mageres und einer anderen Zylindergruppe ein fettes Luft-Kraftstoff-Gemisch zuzuführen. Dies hat zum Ziel, einen sich im Abgaskanal befindlichen Katalysator durch in ihm stattfindende exotherme Nachreaktionen schnell auf Betriebstemperatur zu erwärmen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur zylinderselektiven Regelung eines in einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches der eingangs genannten Art bereitzustellen und eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Brennkraftmaschine zu schaffen, die es ermöglichen, die Brennkraftmaschine mit vergleichsweise genau kontrollierter und einstellbarer Abgaszusammensetzung zu betreiben.

Diese Aufgabe wird durch ein Betriebsverfahren für eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 1 bzw. eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 6 gelöst. Bei dem Betriebsverfahren gemäß Anspruch 1 werden die Lambdawerte der einzelnen Zylinder oder Zylindergruppen unter Verwendung eines integrierenden I-Regelungsanteils mit variabler Integratorsteigung und/oder eines differenzierenden D-Regelungsanteils gleichzeitig auf unterschiedliche Sollwerte geregelt. In einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 6 sind eine Regeleinrichtung mit mehreren parallelen Reglereinheiten zur getrennten Regelung der Lambdawerte für verschiedene Zylinder oder Zylindergruppen durch entsprechende Ansteuerung einer in einem jeden Zylinder zugeordneten Gemischbildungsvorrichtung und eine oder mehrere

Lambda-Sonden zur Sensierung der Lambdawerte für die verschiedenen Zylinder oder Zylindergruppen vorgesehen, wobei die Reglereinheiten zur gleichzeitigen Einregelung unterschiedlicher Lambda-Sollwerte für die verschiedenen Zylinder oder Zylindergruppen eingerichtet sind und eine I-Reglerkomponente mit variabler Integratorsteigung und/oder eine D-Reglerkomponente aufweisen.

Auf diese Weise kann das Luft-Kraftstoff-Verhältnis für jeden Zylinder bzw. jede Zylindergruppe einzeln auf einen beliebig individuell und zeitlich bei Bedarf rasch wechselnden Lambdasollwert eingeregelt werden, ohne daß hohe Regelamplituden auftreten. Die thermische Belastung eines im Abgasleitungssystem angeordneten Katalysators kann dadurch kontrolliert eingestellt und gegebenenfalls herabgesetzt werden. Mit geringen Regelamplituden läßt sich im Katalysator die Menge zeitlich aufeinanderfolgender fetter und magerer Abgasemissionen kontrolliert einstellen. Diese Abgasemissionen können dort bei Bedarf exotherme Reaktionen und damit ein Aufheizen des Katalysators bewirken.

In Weiterbildung des Verfahrens zur zylinderselektiven Regelung eines zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches gemäß Anspruch 2 werden in entsprechenden Fett/Mager-Spreizbetriebsphasen die Lambdasollwerte für einen ersten Teil der Zylinder im fetten Bereich und für den restlichen, zweiten Teil der Zylinder im mageren Bereich gewählt und der Abstand zwischen den beiden Lambda-Sollwerten motorbetriebsabhängig variiert.

In Weiterbildung des Verfahrens gemäß Anspruch 3 wird in entsprechenden Betriebsphasen der Lambda-Sollwert für einzelne Zylinder oder für mehrere zu einer Gruppe zusammengefaßte Zylinder von Arbeitsspiel zu Arbeitsspiel wechselnd im fetten und mageren Bereich gewählt. Auf diese Weise wird ein Verfahren geschaffen, bei dem die Regelparаметer einfach zu justieren sind, und ein laufruhiger Betrieb der Brennkraftmaschine ermöglicht.

In Weiterbildung des Verfahrens gemäß Anspruch 4 wird der Lambdawert eines jeweiligen Zylinders oder einer jeweiligen Zylindergruppe mit einer Proportional-Lambda-sonde gemessen und die Integratorsteigung einer zugehörigen Lambda-Reglereinheit mit I-Reglerkomponente in Abhängigkeit von der Regelabweichung des gemessenen Lambdawertes vom zugehörigen Sollwert variabel eingestellt. Auf diese Weise wird die Flexibilität des Regelverfahrens mit dem Ziel einer optimalen Abgaszusammensetzung im Katalysator weiter verbessert.

In Weiterbildung des Verfahrens gemäß Anspruch 5 beinhaltet die Regelung des jeweiligen Lambdawertes ein Einstellen der Gemischzusammensetzung für ein jeweils nächstes Arbeitsspiel des betreffenden Zylinders oder der betreffenden Zylindergruppe in Abhängigkeit von dem im vorangegangenen Arbeitsspiel gemessenen Lambdawert. Auf diese Weise wird ein Einzelverbrennungs-Regelverfahren geschaffen, das schnell auf sich ändernde Betriebsparameter der Brennkraftmaschine zu reagieren vermag.

Eine gemäß Anspruch 7 weitergebildete mehrzylindrige Brennkraftmaschine enthält eine als Proportionalmeßsonde ausgebildete Lambdasonde, und die jeweilige Reglereinheit weist eine I-Reglerkomponente mit in Abhängigkeit von der zugehörigen Lambda-Regelabweichung variabel einstellbarer Integratorsteigung auf. Die proportional messende Lambdasonde, die ein im Prinzip, wenngleich nicht unbedingt mathematisch genau lineares Meßverhalten besitzt, erlaubt die Einstellung von gezielt vom stöchiometrischen Wert eins abweichenden Lambdasollwerten. Eine variable Integratorsteigung erlaubt ein rasches Abbauen aufgetretener Regelabweichungen. Auf diese Weise wird eine hohe Flexibilität der Regeleinrichtung für die mehrzylindrige Brennkraftmaschine erzielt, bei der eine sehr präzise Einzel-

verbrennungsregelung jedes Zylinders oder jeder Zylindergruppe möglich ist.

Vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine mit Lambdawert-Regleinrichtung und Katalysator,

Fig. 2 und 3 Diagramme zur Erläuterung spezieller Lambdawert-Regelungen bei der in Fig. 1 dargestellten Brennkraftmaschine,

Fig. 4 ein Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine mit Lambdawert-Regleinrichtung und

Fig. 5 und 6 Diagramme zur Erläuterung der Arbeitsweise der in Fig. 4 dargestellten Brennkraftmaschine.

Die in Fig. 1 dargestellte Brennkraftmaschine 1 ist als Viertaktzylindermaschine ausgebildet und weist einen Motorblock 2 auf, in dessen Zylindern I, II, III und IV Kraftstoff mittels einer Einspritzvorrichtung 3 als Gemischbildungsvorrichtung eingespritzt wird und dort zusammen mit angesaugter Frischluft aus einem Ansaugtrakt 4 zur Erzeugung von Antriebsenergie verbrannt wird. Die dabei entstehenden Verbrennungsabgase werden in einem Katalysator 5 gereinigt und an die Umwelt abgegeben. In einer Abgasleitung 6 zwischen dem Motorblock 2 und dem Katalysator 5 ist eine als Linear- bzw. Proportionalmeßsonde ausgebildete Lambdasonde 7 angeordnet, mit welcher der Sauerstoffgehalt des Verbrennungsabgases und damit die Abgaszusammensetzung gemessen wird. Das Ausgangssignal der Lambdasonde 7 wird einer Regeleinrichtung 8 zugeführt, die anhand der gemessenen Abgaszusammensetzung unter Berücksichtigung von Motorbetriebsparametern die Einspritzvorrichtung 3 zylinderselektiv ansteuert, wobei die Zusammensetzung des zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches für jeden Zylinder einzeln festgelegt werden kann.

Dazu weist die Regeleinrichtung 8 eine Sonden-Auswerteeinheit 9 auf, in der eine zeitaufgelöste Auswertung des Abgassondensignals erfolgt. Dadurch wird ein zylinderselektiver Lambdawert für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine 1 ermittelt. Jedem Zylinder der Brennkraftmaschine 1 ist in der Regeleinrichtung 8 eine Reglereinheit 10, 11, 12 und 13 zugeordnet, die im Zusammenwirken mit einem einen ihr zugeführten Luftmassenwert berücksichtigenden Einzelzylinder-Vorsteuervergärät 14 für den zugehörigen Zylinder den jeweiligen Einspritzvorgang mittels der Einspritzvorrichtung 3 festlegt. Weiter enthält die Regeleinrichtung 8 eine Sollwertvorgabeeinheit 15, welche Sollwerte individuell für die Reglereinheiten 10, 11, 12 und 13 der Regeleinrichtung 8 vorgibt und der eine Führungseinheit 16 vorgeschaltet ist. Die Führungseinheit 16 steuert die Sollwertvorgabeeinheit 15 aufgrund von erfaßten Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1, wie beispielsweise der Temperatur des Katalysators 5. Alternativ oder in Kombination damit ist es auch möglich, die Sollwertvorgabeeinheit 15 mittels einer Führungseinheit zu steuern, der ein Kennfeld eingepreßt ist und der die Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 und/oder deren Antriebslast zugeführt wird. In der Sollwertvorgabeeinheit 15 erfolgt dann eine Berechnung des Sollwertes für den Lambdawert eines jeden einzelnen Zylinders der Brennkraftmaschine auf der Grundlage von erfaßten Meßwerten der Lambdasonde 7. Dabei werden auch hier Betriebsparameter der Brennkraftmaschine 1, wie etwa die Drehzahl, das Antriebswellendrehmoment oder die Kühlwassertemperatur berücksichtigt. Die Reglereinheiten 10, 11, 12 und 13 sind als PI- oder alternativ als PID-Regler ausgebildet. Die Parametrisierung der Reglereinheiten 10, 11, 12 und 13 erfolgt mittels einer Parametervorgabeeinheit 17,

welche die Parameter für die Reglereinheiten 10, 11, 12 und 13, wie beispielsweise Proportionalbeiwert, Nachstellzeit und Vorhaltzeit, aufgrund eines Kennfeldes unter Berücksichtigung von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 festlegt.

Mit einer solchen Regeleinrichtung läßt sich eine resultierende Abgaszusammensetzung erzielen, die einem umweltfreundlichen Betrieb der Brennkraftmaschine förderlich ist. Beispielsweise ist es möglich, dem Katalysator 5 gezielt Abgase zuzuführen, die aus einer Verbrennung von gleichzeitig eingeregelter fetten und mageren Zylinderfüllungen hervorgehen. Im Katalysator 5 hat das Vermengen von fetten und mageren Abgasgemischen exotherme Nachreaktionen zur Folge. Dies hebt die Temperatur des Katalysators 5 an, und er kann auf diese Weise in für seinen Betrieb günstigen Temperaturbereichen gefahren werden. Dies ermöglicht z. B., daß der Katalysator 5 auch unmittelbar nach einem Kaltstart der Brennkraftmaschine 1 umweltfreundlich betrieben werden kann. Umgekehrt kann durch Einschränken der Reglamplitude das Ausbilden von Nachreaktionen im Katalysator 5 gehemmt werden, was wiederum ein Absenken der Katalysatortemperatur ermöglicht.

Die Fig. 2 erläutert in einem x-y-Diagramm einen möglichen zeitlichen Verlauf für die nach Zylindern aufgeteilte Abgaszusammensetzung, wie er mit einer in Fig. 1 dargestellten Brennkraftmaschine 1 im Beispielfall einer stetigen Regelung erzielt werden kann. Auf der y-Achse ist der mittels der Lambdasonde 7 erfaßte Lambdawert als ein Maß für die Abgaszusammensetzung aufgetragen, die x-Achse bildet die Zeitachse. Ein Einspritzvorgang für den jeweiligen Zylinder I, II, III und IV aus Fig. 1 ist mittels römischer Ziffern i bis iv kenntlich gemacht. Für die Zylinder I, II, III und IV ist die Gemischzusammensetzung des zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches auf unterschiedliche Sollwerte geregelt: Für den Zylinder I wird die Gemischzusammensetzung im fetten Bereich variiert, die Gemischzusammensetzung für den Zylinder II wird im fetten Bereich konstant gehalten, die Gemischzusammensetzung für den Zylinder III ist auf einen konstanten, mageren Wert eingestellt, und die Gemischzusammensetzung für den Zylinder IV wird im mageren Bereich auf variierte Sollwerte geregelt.

Die sinusförmig verlaufende Kurve 21 stellt die mittels der Lambdasonde 7ensierte Abgaszusammensetzung für den Zylinder I dar. Die sinusförmig verlaufende Kurve 22 bildet die ebenfalls mittels der Lambdasonde 7 erfaßte Abgaszusammensetzung für den Zylinder IV ab. Die gestrichelten Linien 23 und 24 stellen den Mittelwert für die Abgaszusammensetzung aus den Zylindern II bzw. III dar. Die Kurven 25 und 26 entsprechen dem zeitlichen Verlauf der Stellgrößen für die den Zylindern I bzw. III zugeordneten Reglereinheiten. Die Steigung der Kurven 25 und 26 wird durch den Integratorsteigungswert des I-Anteils der zugehörigen Reglereinheiten bestimmt. Die einzelnen Abgaszusammensetzungen der Zylinder I, II, III und IV liegen dabei beispielhaft in einem Lambdawertbereich zwischen $\lambda = 0,985$ und $\lambda = 1,015$. Mittels der Kurve 27 ist zum Vergleich der zeitliche Verlauf einer Stellgröße für die Gemischzusammensetzung aller Zylinder eines Motors dargestellt, die bei einer herkömmlichen Regelung ohne zylinderselektive Auswertung erhalten wird. Die Kurve 28 zeigt die in einem solchen Fall von der Lambdasonde 7ensierte Abgaszusammensetzung. Erkennbar treten gegenüber der Regelstrategie mit zylinderselektiver Auswertung des Lambdasondensignals deutlich größere Amplitudenschwankungen der Abgaszusammensetzung bei der herkömmlichen Regelung auf, wodurch sich auch höhere Nachreaktionstemperaturen im Katalysator ergeben.

Die Fig. 3 erläutert eine weitere, bei der in der Fig. 1 dar-

gestellten Brennkraftmaschine anwendbare Regelstrategie, deren Grundlage eine Variation der Integratorsteigung des I-Regleranteils ist. In Fig. 3 ist durch die Kurven 31, 32 und 33 der Verlauf des Lambdawertes der von einer jeweiligen Reglereinheit eingestellten Gemischzusammensetzung bei unterschiedlichen Sollwertvorgaben bzw. unterschiedlichen Werten für die Stellzeit des I-Anteils eines jeweiligen Reglers, d. h. für dessen Integratorsteigung, dargestellt. Die Kurve 31 repräsentiert ein erstes Beispiel eines Reglerstell-signalverlaufs. Dagegen zeigt die Kurve 32 ein Beispiel mit anfänglich stärker steigender Reglerabweichung. Wenn nun die Integratorsteigung gemäß der Kurve 31 auch in diesem Fall unverändert beibehalten würde, könnte die Regelabweichung vom Sollwert 0,99 auf z. B. 0,98 nur relativ langsam ausgeregelt werden, wie durch die Kurve 33 repräsentiert. Durch die abhängig von der Regelabweichung vorgenommene Änderung der Integratorsteigung, speziell die Wahl eines mit höherem Regeldifferenzbetrag anwachsenden Steigungsbetrages, läßt sich hingegen im vorliegenden Regelungsbeispiel diese Regelabweichung entsprechend der Kurve 32 um einen Zeitgewinn Δt schneller ausregeln.

Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Brennkraftmaschine mit Regeleinrichtung zur Regelung der Zusammensetzung eines zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches. Baugruppen, deren Funktion äquivalenten Baugruppen aus Fig. 1 entspricht, weisen einander entsprechende, jedoch mit Strichindex versehene Bezugszeichen auf. Die in der Fig. 4 dargestellte Brennkraftmaschine 1' weist den einzelnen Zylindern zugeordnete Regler 10', 11', 12' und 13' auf, die als PD-Regler ausgebildet sind. Dies gestattet im Zusammenwirken mit einer ausreichend rasch ansprechenden Lambdasensorik, z. B. einer Linearsonde oder Einzelsonden für jeden Zylinder, mit einem zeitlichen Auflösungsvermögen im Millisekundenbereich eine hohe Regeldynamik für die Einspritzvorrichtung 3' als Gemischbildungsvorrichtung und damit eine Einzelverbrennungsregelung, d. h. Änderungen des Istwertes der Abgaszusammensetzung eines Arbeitsspiels können schon für das nächste Arbeitsspiel gegenregelnd berücksichtigt werden. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, jede einzelne Verbrennung in jedem der Zylinder I', II', III' und IV' spezifisch zu regeln.

Die in der Fig. 4 dargestellte Viertakt-Brennkraftmaschine 1' gestattet es, den Einspritzvorgang über die gesamte Dauer des Ansaug-Arbeitstaktes aufgrund der im direkt vorausgegangenen Ausschiebe-Arbeitstakt erfaßten Zusammensetzung des ausgestoßenen Verbrennungsabgases einzustellen. Dabei wird in der Brennkraftmaschine 1' die Gaslaufzeit von den Zylindern I', II', III' und IV' zur Abgassonde 7' berücksichtigt und dann die entsprechende Stellgröße für die Einspritzvorrichtung 3' der Zylinder berechnet, wodurch ein momentaner Einspritzvorgang abhängig von der unmittelbar vorausgehenden Verbrennung korrigiert wird.

Fig. 5 erläutert entsprechend der Fig. 2 in einem x-y-Diagramm einen möglichen zeitlichen Regelungsverlauf der Abgaszusammensetzung, wie er mittels der Brennkraftmaschine 1' und zugehöriger Regeleinrichtung 8' aus Fig. 4 erzielt werden kann. Auf der y-Achse ist der momentane Lambdawert als Maß für die Abgaszusammensetzung aufgetragen, die x-Achse stellt wiederum eine Zeitachse dar. Wie in Fig. 2 ist der Einspritzvorgang in die Zylinder I', II', III' und IV' mittels Bezugszeichen i', ii', iii' und iv' kenntlich gemacht. Dabei wird die Gemischzusammensetzung für die Zylinder II' und III' konstant gehalten, hingegen die Gemischzusammensetzung für die Zylinder I' und IV' für jeden Arbeitstakt im fetten bzw. mageren Bereich entsprechend den Kurven 51 und 52 variiert. Der Mittelwert für die Gemischzusammensetzung der Zylinder I' und IV' fällt dabei mit den gestrichelten Geraden 53 und 54 zusammen. Somit

wird eine resultierende Abgaszusammensetzung von $\lambda = 1,0$ erzielt. Wie im Fall von Fig. 2 fällt die Schwankungsbreite für die Zusammensetzung des Abgases aus den jeweiligen Zylindern, d. h. die Regelamplitude, gegenüber einer konventionellen, nicht zylindersselektiven, langsamen Lambda-wert-Regelung, die z. B. entsprechend der mit dem Bezugszeichen 55 versehenen Regelkurve erfolgt, deutlich geringer aus.

Alternative Regelstrategien, wie sie die Brennkraftmaschine 1' aus Fig. 4 ermöglicht, sind in den Fig. 6a und 6b dargestellt. Wiederum ist ein Einspritzvorgang in die Zylinder I' bis IV' mittels Bezugszeichen i' bis iv' kenntlich gemacht. Gemäß der Regelstrategie von Fig. 6a wird die Regelamplitude für die Gemischzusammensetzung beispielsweise in Abhängigkeit von Motorbetriebsparametern durch Ändern einer Fett-Mager-Spreizung, d. h. der Differenz der Lambdasollwerte für mager betriebene Zylinder einerseits und fett betriebene Zylinder andererseits, variiert, um so die thermische Belastung des Katalysators 5' beeinflussen zu können. Bei zusätzlicher Messung der Temperatur des Katalysators 5' der in der Fig. 4 dargestellten Brennkraftmaschine 1' wird ein Einregeln der gewünschten Katalysatortemperatur mittels geeigneter Fett-Mager-Spreizung möglich. In der Brennkraftmaschine 1' aus Fig. 4 kann dazu mittels der Führungsregeleinheit 16' bzw. der Parameterkennfeldereinheit 17' ein Regeln entsprechend dem Abgastemperaturmodell (ATM) erfolgen. Wiederum ermöglicht die Vorgabe zylindersselektiver Sollwerte für die Abgaszusammensetzung und insbesondere die Regelstrategie der Fett-Mager-Spreizung das schnelle Anfahren einer günstigen Katalysator-Betriebstemperatur. Bei einer Regelung der Gemischzusammensetzung nach Fig. 6b wird eine bestimmte Anzahl von Zylindern zu Fett- oder Magerpaketen zusammengefaßt, die von Arbeitsspiel zu Arbeitsspiel wechselnd im fetten oder mageren Gemischbereich betrieben werden. Auf diese Weise kann ebenfalls die thermische Katalysatorbelastung eingestellt bzw. eingeregelt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur zylindersselektiven Regelung eines in einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine (1, 1') zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches, bei dem
 - die Lambdawerte für verschiedene Zylinder oder Zylindergruppen getrennt sensiert und geregelt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß
 - die Lambdawerte der einzelnen Zylinder oder Zylindergruppen unter Verwendung eines integrierenden I-Regelungsanteils mit variabler Integratorsteigung und/oder eines differenzierenden D-Regelungsanteils gleichzeitig auf unterschiedliche Sollwerte geregelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in entsprechenden Fett/Mager-Spreizbetriebsphasen die Lambda-Sollwerte für einen ersten Teil der Zylinder im fetten Bereich und für den restlichen, zweiten Teil der Zylinder im mageren Bereich gewählt werden und der Abstand zwischen den beiden Lambda-Sollwerten motorbetriebsabhängig variiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in entsprechenden Betriebsphasen der Lambda-Sollwert für einzelne Zylinder oder für mehrere zu einer Gruppe zusammengefaßte Zylinder von Arbeitsspiel zu Arbeitsspiel wechselnd im fetten und mageren Bereich gewählt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Lambdawert eines jeweiligen Zylinders oder einer jeweiligen Zylinder-

gruppe mit einer Proportional-Lambdasonde (7, 7') gemessen wird und die Integratorsteigung einer zugehörigen Lambdawert-Reglereinheit (10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13') mit I-Reglerkomponente in Abhängigkeit von der Regelabweichung des gemessenen Lambdawertes vom zugehörigen Sollwert variabel eingestellt wird. 5

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des jeweiligen Lambdawertes ein Einstellen der Gemischzusammensetzung für ein jeweils nächstes Arbeitsspiel des betreffenden Zylinders oder der betreffenden Zylindergruppe in Abhängigkeit von dem im vorangegangenen Arbeitsspiel gemessenen Lambdawert beinhaltet. 10

6. Mehrzylindrige Brennkraftmaschine, mit
 – einer Regeleinrichtung (8, 8') mit mehreren parallelen Reglereinheiten (10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13') zur getrennten Regelung der Lambdawerte für verschiedene Zylinder oder Zylindergruppen durch entsprechende Ansteuerung einer einem jeden Zylinder zugeordneten Gemischbildungsvorrichtung und 20
 – einer oder mehrerer Lambdasonden (7, 7') zur Sensierung der Lambdawerte für die verschiedenen Zylinder oder Zylindergruppen, 25

dadurch gekennzeichnet, daß
 – die Reglereinheiten (10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13') zur gleichzeitigen Einregelung unterschiedlicher Lambdasollwerte für die verschiedenen Zylinder oder Zylindergruppen eingerichtet sind und eine I-Reglerkomponente mit variabler Integratorsteigung und/oder eine D-Reglerkomponente aufweisen. 30

7. Mehrzylindrige Brennkraftmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß
 – die wenigstens eine Lambdasonde (7, 7') eine Proportionalmeßsonde ist und 35
 – die jeweilige Reglereinheit (10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13') eine I-Reglerkomponente mit in Abhängigkeit von der zugehörigen Lambdawert-Regelabweichung variabel einstellbarer Integratorsteigung aufweist. 40

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

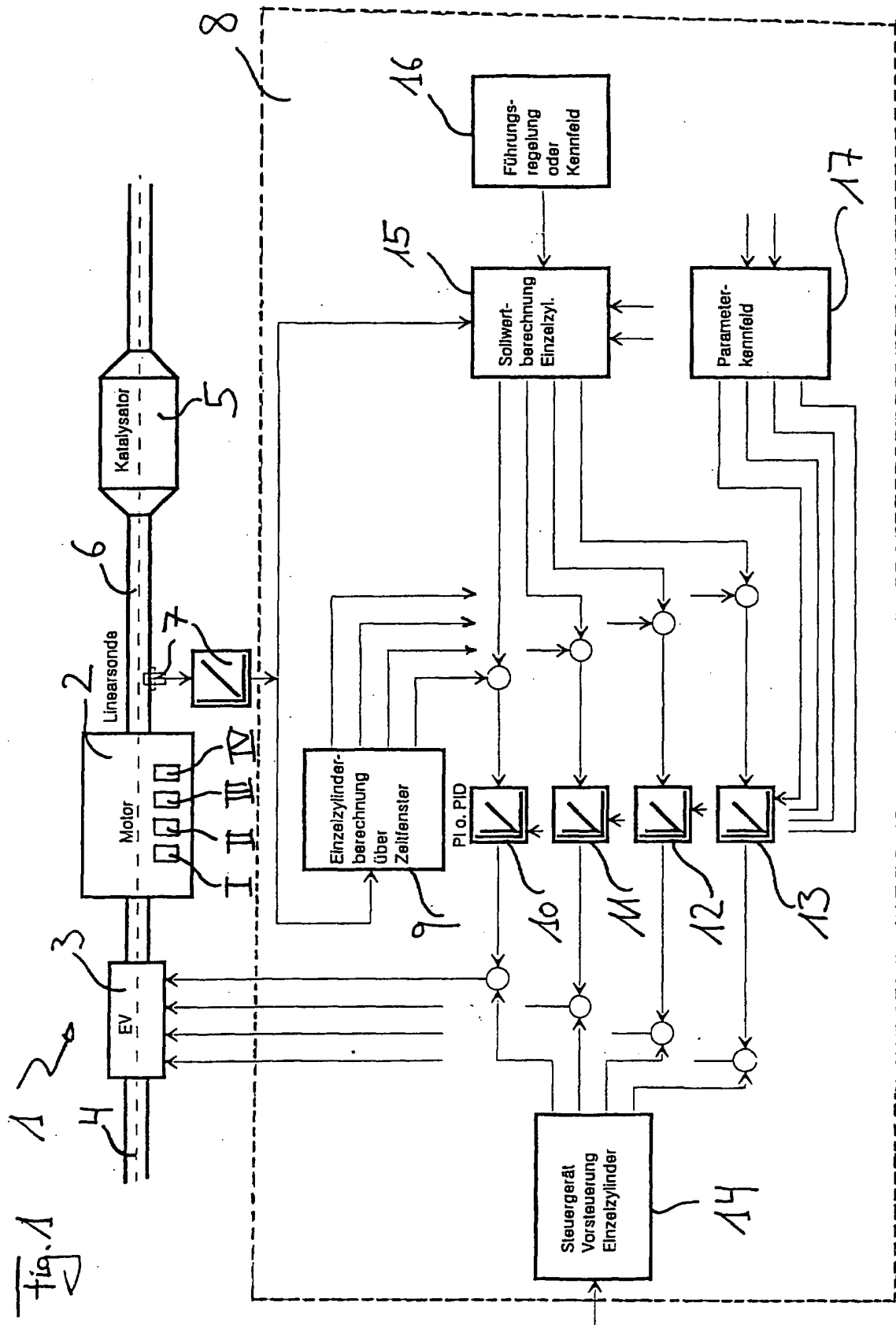


Fig. 2

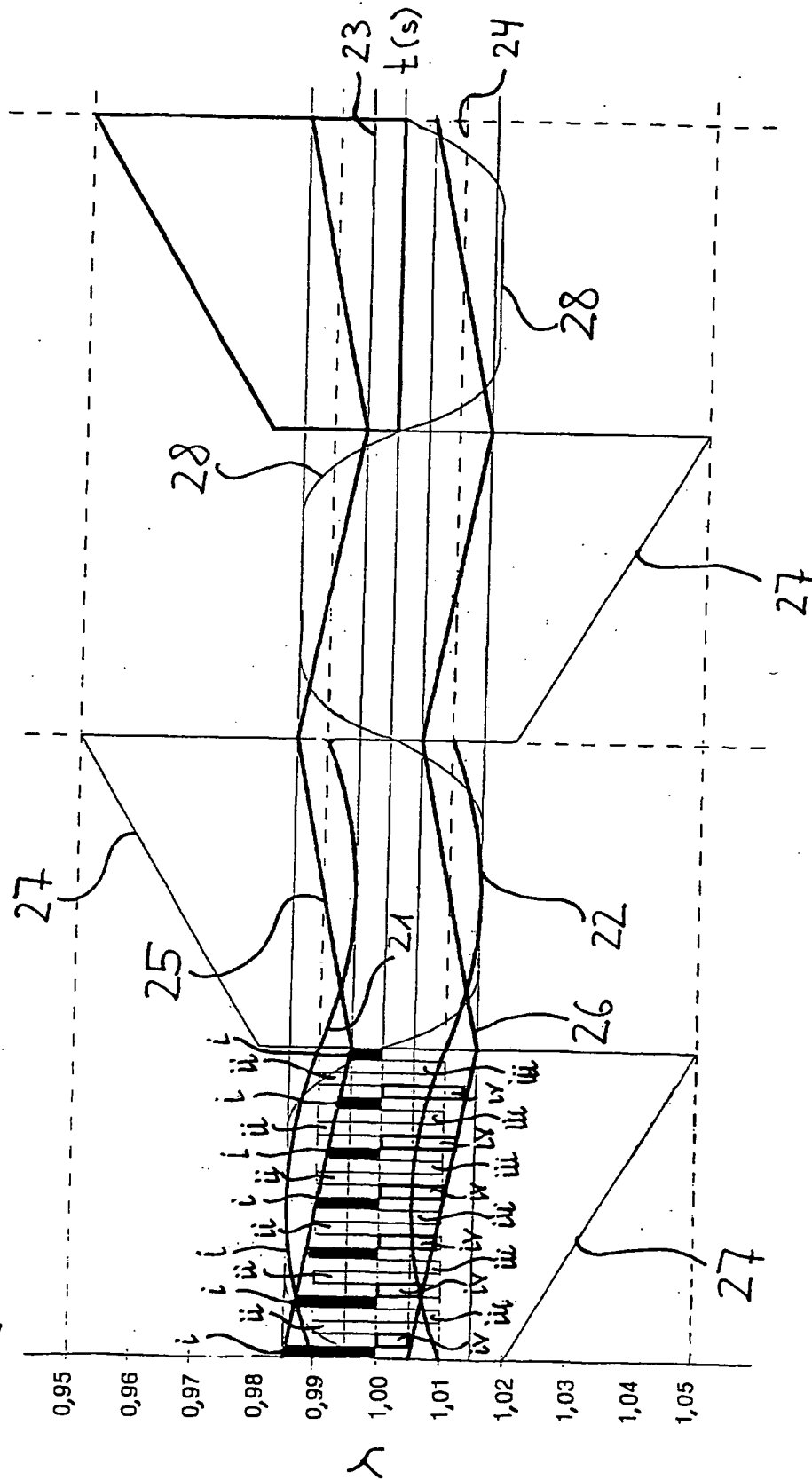


Fig. 3

